

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-345419

(43)Date of publication of application : 14.12.1999

(51)Int.Cl.

G11B 7/00  
 B42D 15/10  
 G03H 1/18  
 G03H 1/28  
 G03H 1/30  
 G06K 19/06  
 G11C 13/04

(21)Application number : 11-036540

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP  
<NTT>

(22)Date of filing : 15.02.1999

(72)Inventor : YAGI IKUTAKE  
 IMAI YOSHIYUKI  
 ONO MICHIO  
 YAMAZAKI HIRONORI  
 OZAWAGUCHI HARUKI

(30)Priority

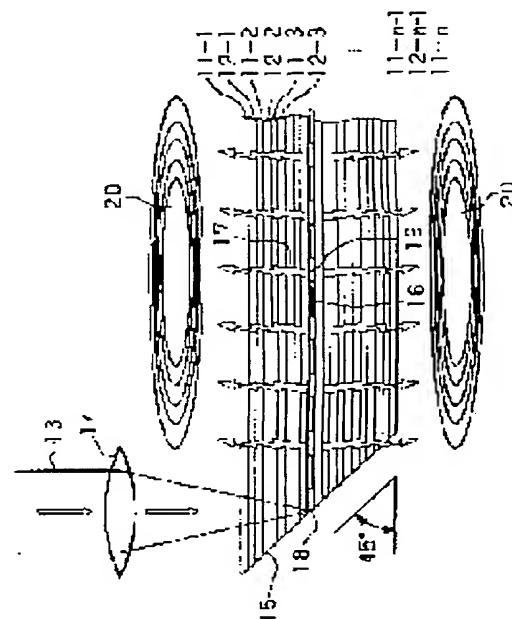
Priority number : 10 32578	Priority date : 16.02.1998	Priority country : JP
10 44941	26.02.1998	JP
10 75336	24.03.1998	JP

## (54) REPRODUCTION ONLY MULTIPLE HOLOGRAM INFORMATION RECORDING MEDIUM AND METHOD FOR READING INFORMATION

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a multiple hologram information recording medium for reproduction only which is low in cost and has large capacity.

SOLUTION: In a reproduction only multiple hologram information recording medium in which single mode planar optical waveguides are laminated, at least one of a core layer 12 and a clad layer 11 in respective waveguides is provided with a periodic scattering factor having almost same period as the period of a waveguide mode, and waveguided light 16 in the waveguide is diffracted to the outside of the waveguide by the periodic scattering factor to form a hologram image 20.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

15.02.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3323146

[Date of registration]

28.06.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-345419

(43) 公開日 平成11年(1999)12月14日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>  
G 1 1 B 7/00  
B 4 2 D 15/10  
G 0 3 H 1/18  
1/28  
1/30

識別記号  
6 5 1  
5 0 1

F I  
G 1 1 B 7/00  
B 4 2 D 15/10  
G 0 3 H 1/18  
1/28  
1/30

審査請求 有 請求項の数14 O L (全 16 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平11-36540

(22) 出願日 平成11年(1999) 2 月15日

(31) 優先権主張番号 特願平10-32578  
(32) 優先日 平10(1998) 2 月16日  
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願平10-44941  
(32) 優先日 平10(1998) 2 月26日  
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願平10-75336  
(32) 優先日 平10(1998) 3 月24日  
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004226  
日本電信電話株式会社  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号  
(72) 発明者 八木 生剛  
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内  
(72) 発明者 今井 欽之  
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内  
(72) 発明者 小野 道雄  
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内  
(74) 代理人 弁理士 志賀 正武

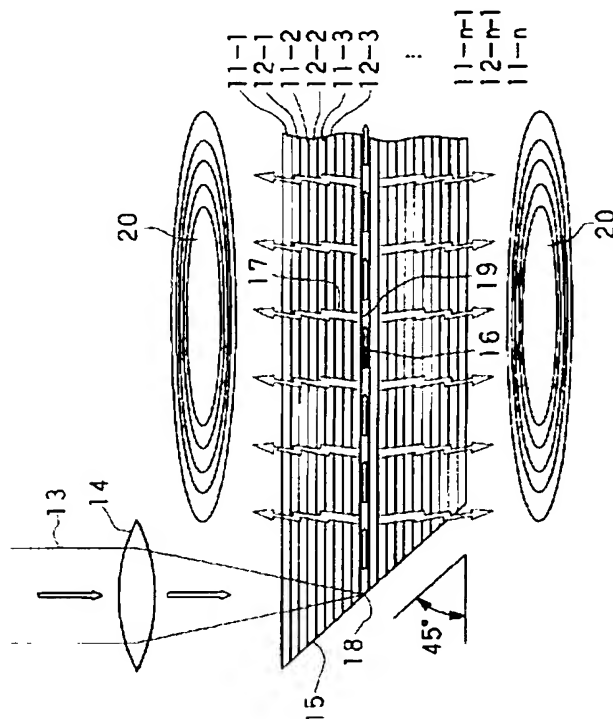
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 再生専用多重ホログラム情報記録媒体及び情報読み出し方法

(57) 【要約】

【課題】 安価で大容量の再生専用多重ホログラム情報記録媒体を提供する。

【解決手段】 シングルモード平面型光導波路を多層に積み重ねた再生専用多重ホログラム情報記録媒体において、各導波路内のコア層12及びクラッド層11の少なくとも一方に導波モードの周期とほぼ等しい周期を有する周期的散乱要因を設け、該導波路の導波光16が前記周期的散乱要因により導波路外に回折されてホログラム像20を形成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 シングルモード平面型光導波路を多層に積み重ねた再生専用多重ホログラム情報記録媒体において、

各導波路内のコア層及びクラッド層の少なくとも一方に導波モードの周期とほぼ等しい周期を有する周期的散乱要因を設け、該導波路の導波光が前記周期的散乱要因により導波路外に回折されてホログラム像を形成する情報記録媒体。

【請求項 2】 前記コア層及びクラッド層の少なくとも一方に紫外線硬化樹脂を用い、紫外線パターン照射によりホログラムを記録し、これを前記周期散乱要因とする請求項 1 記載の情報記録媒体。

【請求項 3】 前記コア層及びクラッド層の少なくとも一方に凹凸を有する原版情報を転写することで凹凸パターンを形成し、これを前記周期散乱要因とする請求項 1 記載の情報記録媒体。

【請求項 4】 前記多層平面型導波路の少なくとも一端面を導波面の法線に対して所定角度カットした反射面とする請求項 1～3 いずれか記載の情報記録媒体。

【請求項 5】 前記所定角度をほぼ  $45^\circ$  とし、導波面に対して本質的に垂直な方向から前記反射面に光を入射させて導波路内に光を導入する請求項 4 記載の情報記録媒体。

【請求項 6】 前記反射面に金属反射膜または誘電体反射膜を設ける請求項 4 記載の情報記録媒体。

【請求項 7】 前記多層平面型導波路が対向する二端面を有し、両二端面が前記  $45^\circ$  カット反射面とされ、各端面から入射した導波光が当該導波路平面内で重なり合わない請求項 5 記載の情報記録媒体。

【請求項 8】 前記多層平面型導波路を導波路平面方向に沿って複数枚並べて接着して一枚のカードとした請求項 1～3 及び 7 いずれか記載の情報記録媒体。

【請求項 9】 前記多層平面型導波路が円盤形状であり、該円盤の外周方向に光が導波するように円盤中央部に光導入部を設けた請求項 1～3 いずれか記載の情報記録媒体。

【請求項 10】 前記光導入部が、円盤面に対してほぼ  $45^\circ$  にカットされた円錐側面形状を有する反射面であり、円盤面に対して本質的に垂直な方向から前記反射面に光を入射させて導波路内に光を導入する請求項 9 記載の情報記録媒体。

【請求項 11】 前記反射面に、光を導入する結合点が、同心円状に周期的に複数設定され、導波光が、前記各結合点から円盤の外周方向に向かって所定角度の広がりを持つ扇型状に伝搬し、前記所定角度は、各結合点に対応する扇形部が互いに重ならないように設定される請求項 10 記載の情報記録媒体。

【請求項 12】 円盤側面の、前記各結合点からの導波光が通過する部分に、当該結合点固有の識別パターンを設けた請求項 11 記載の情報記録媒体。

【請求項 13】 請求項 9 記載の円盤状情報記録媒体を回転させて情報を読み出す方法において、前記導波光のうちの回折されない成分を媒体外部に取り出して同期をとる方法。

【請求項 14】 請求項 11 記載の円盤状情報記録媒体を回転させて情報を読み出す方法において、前記各結合点からの導波光の経路に当該結合点固有の識別パターンを設け、該識別パターンを検出して当該結合点に対して同期を取る方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、再生専用多重ホログラム情報記録媒体に関し、磁気カードや IC カードの様に、持ち運び容易なメモリーカードとして利用して好適な情報記録媒体である。偽造や複製が困難であるため、電子商取引用認証カードとしての使用、また、記憶容量が大きくかつ安価に生産できるため、CD、CD-ROM、DVD 等の様に、音楽や映像ソフトあるいはコンピュータのソフトウェアの配布等の用途に好適である。

## 【0002】

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】従来より、ポケットに入れて持ち運び可能な情報カードとしては、テレフォンカードの様な磁気カードが一般に用いられている。また、近年では IC カードが登場し、電子商取引への適用が考えられている。磁気カードは安価ではあるが、偽造の危険性があり、また、IC カードは偽造は困難であるがビット単価が高価になってしまうという欠点がある。

【0003】一方、偽造が困難で記憶容量の大きな情報記録技術として、ホログラフィーを用いた記録技術が考えられる。ホログラフィーを平面ホログラムと体積ホログラムとに分類すると、体積ホログラムは記憶容量に優れるものの、情報転写技術が存在せず大量生産には不向きであり、認証カードやソフト配布用等の再生専用メモリーへの適用は困難である。

【0004】また、平面ホログラムは、印刷技術を応用した大量生産が可能ではあるが記憶密度が制限され、情報再生装置のサイズや使い勝手を考慮に入れば、IC カードに較べて魅力に欠ける。この欠点を補うべく記憶容量を大きくするため、この平面ホログラムを多層に重ねたとしても、通常の再生方法では各層からのホログラムが同時に再生されるためクロストークが大きく、必要な情報を取り出すことができない。

【0005】本発明の目的は、携帯型カードや情報記憶装置用媒体として適用可能な、安価で大容量の再生専用多重ホログラム情報記録媒体を提供することである。更

なる目的として、情報読み出し速度を向上させる再生専用多重ホログラム情報記録媒体を提供することがある。

#### 【0006】

【課題を解決するための手段】従って、本発明は、シングルモード平面型光導波路を多層に積み重ねた再生専用多重ホログラム情報記録媒体において、各導波路内のコア層及びクラッド層の少なくとも一方に導波モードの周期とほぼ等しい周期を有する周期的散乱要因を設け、該導波路の導波光が前記周期的散乱要因により導波路外に回折されてホログラム像を形成する情報記録媒体を提供する。即ち、偽造が困難で大量生産可能な平面ホログラムの原理を用い、この平面ホログラムを多層に重ね、かつ、各層からのホログラムを独立に再生する事を可能にする。

【0007】通常の平面ホログラムでは、像を再生するための光（参照光）の外側からの入射方向や波長を変えて像の位置や倍率、回折方向を変化させたとしても、参照光が回折されることには変わりなく、即ち、平面ホログラムを重ねた場合、参照光をどのように入射させようが、個々の平面ホログラムに参照光が達する限り、クロストークは避けられない。本発明では、各平面ホログラムを導波路に埋め込み、導波光を参照光として用いることで、着目しているホログラム以外には参照光が達しない構造となっている。

【0008】典型的には、前記多層平面型導波路の少なくとも一端面を導波面の法線に対してほぼ $45^\circ$ カットした反射面とし、導波面に対して本質的に垂直な方向から前記反射面に光を入射させて導波路内に光を導入しても良い。前記多層平面型導波路が対向する二端面を有する場合、両二端面を前記 $45^\circ$ カット反射面とし、各端面から入射した導波光が当該導波路平面内で重なり合わないよう光の導入部位を設定できる。更に、このような多層平面型導波路を導波路平面方向に沿って複数枚並べて接着して一枚のカードとしても良い。

【0009】また、前記多層平面型導波路を円盤形状にし、該円盤の外周方向に光が導波するように円盤中央部に光導入部を設けても良い。典型的には、前記光導入部が、円盤面に対してほぼ $45^\circ$ にカットされた円錐側面形状を有する反射面であり、円盤面に対して本質的に垂直な方向から前記反射面に光を入射させて導波路内に光を導入するようにできる。この場合、

- ・前記反射面に、光を導入する結合点が、同心円状に円周に沿って周期的に複数設定され、
- ・導波光が、前記各結合点から円盤の外周方向に向かって所定角度の広がりを有する扇形状に伝搬し、
- ・前記所定角度が、各結合点に対応する扇形部が互いに重ならないように設定される

ようにすると、結合点が円盤の中心付近に円形に集中することとなり、この円周上にヘッドを1つおき、円盤を回転させて次々と各扇形の導波路へとアクセスすること

が出来るので効率的である。

【0010】一般に、直線的な機械移動読み出しよりも、回転読み出し形式の方がはるかに構造が簡単で、更にアクセスが高速である。また、異なる層の情報を読み出すときに、光源のレンズなどを動かす必要があるのはカード型の場合と同様であるが、せいぜい1mmの範囲内であり、このストロークで高精度な微動機構（アクチュエータ）は光ディスク装置などの技術において一般的なものであり、高価なものではなく、また応答も1ms程度と高速である。また、円盤状情報記録媒体を回転させて情報を読み出す場合、導波光のうちの回折されない成分を媒体外部に取り出して同期をとることが可能である。即ち、本発明によれば、ホログラムの書き込み面積、情報読み出し速度の双方を大幅に向上させることができる。

【0011】なお、特開平9-101735号公報に、多層記録ホログラムを使用した情報再生技術が開示されているが、ここでは一部または全部が光学記録材料から構成されており、情報の記録は光の干渉縞で行われ、参照光により情報を読み出すので、多層のホログラムを記録する段階で物体光が全ての層を通過することになる。その一方で、必要な信号強度を得るためにはある一定量の露光を行わなければならない、この方式では、 $S/N$ 比は層数の2乗に反比例して減衰する。これに対し、本発明では、上述のようにホログラムはあらかじめ目的とする層に作り込まれ、導波光で読み出しを行うので、 $S/N$ 比は層数の1乗に反比例して減衰するのみである。即ち、本発明とは構成及び作用が異なるとともに、多層化に関して根本的な問題を有すると言える。

#### 【0012】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。なお、本発明はこれら実施形態に限定されるものではなく、様々な変形、応用形態が可能である。

#### 【0013】第1実施形態

図1は、本実施形態による再生専用多重ホログラムカードの構造、及び、光の入出力方法を説明する図である。図1に示すように、このカードは、「クラッド11-1/コア12-1/クラッド11-2/コア12-2/.../クラッド11-n」の様な周期層構造となっており、何れの「クラッド/コア/クラッド」単位においても、使用するレーザー光13の波長において、平面型シングルモード導波路となっている。この平面型光導波路は、石英やプラスチックなどの板状の透明な媒質をコア層とし、それよりも低い屈折率の媒質で挟んだ構造の、いわゆるスラブ光導波路であり、コア層に光を閉じこめ、面内方向に伝搬させることができ、光通信の部品に応用できる。再生専用多重ホログラムカードは、このような平面型導波路を幾重にも重ね、かつ、後述のように各導波層がホログラムを備えるものである。

【0014】ここで、符号14は凸レンズを示すが、シリンドリカル（円柱）レンズでも良い。重ね合わせられた平面導波路の端面の少なくとも一カ所は、導波路平面に垂直な方向（法線方向）に対して45°の角度を持つ反射面15となっている。再生用レーザー光13の焦点が、ある目的の導波路の45°にカットされたコア層部分に結合するように、凸レンズ14の位置が調節される。ここで、反射面15が露出している場合は全反射となり、反射面に特別に反射層を設ける必要はないが、耐久性を持たせるために樹脂などで保護する場合には、反

射層として誘電体膜や金属膜を形成しておく必要がある。【0015】また、レーザー光13を導波させるためには、凸レンズ14の開口数（NA、Numerical Aperture）は、導波路のNA以下でなければならない。一方、NAを小さくするとレンズの集光スポットが大きくなり、シングルモード導波路の場合には、空気中から直接導波路に光を結合させようとすると、スポットサイズは常に導波路の幅を超えてしまい、結合効率を100%にすることはできない。

【0016】なお、レンズのNA（NA<sub>L</sub>）は、レンズの直径を2D、焦点距離をfとして

$$NA_L = D / \sqrt{f^2 + D^2}$$

と定義し、一方、導波路のNA（NA<sub>W</sub>）は、コア層の屈折率をn<sub>a</sub>、クラッド層の屈折率をn<sub>c</sub>として、 $NA_W = \sqrt{n_a^2 - n_c^2}$

と定義する。

【0017】図1に示すように、反射点18から導波路に導入された光は、導波光16となって導波路内の主にコア層中を、反射点（導波光の結合部位）18を要として扇状に拡がりながら進行する。ここで、扇の拡がり角度は、 $2 \sin^{-1}(NA_L)$ となり、凸レンズ14の選択によって変更が可能である。なお、レンズ14としてシリンドリカルレンズを用いた場合は、扇状に拡がる光でなく、一定幅で進行する導波光となる。

【0018】導波光16は、コア層もしくはクラッド層に設けられた散乱要因（ホログラム）19によって部分的に散乱され、導波路外に漏れ出すが、散乱要因19が周期構造を持っていると、各散乱要因からの散乱光の位相が合致する方向が存在し、その方向に回折光17とな

って進むために導波路外にも光が進行し、それがホログラム像20を形成する。このホログラム像を電荷結合型素子いわゆるCCD等の2次元光ディテクタで取り込むことにより、情報読み出しが出来る。また、図1中の凸

方向に出てくる。ここで言う周期散乱要因とは、具体的にコア／クラッド界面の周期的荒れや、周期的屈折率変調を指すが、導波光を部分的に導波路外に漏れさす要因が周期的に存在すればよい。具体的には、ホログラムパターンに合わせてコアの屈折率または吸収率または厚みなどを変調する。このうち最も簡単なのは厚みの変調である。例えば、所望のホログラムを形成するように予め計算された凹凸模様を金属などの堅い材料の原盤上に形成し、この原盤を版として印刷技術を用いてプラスチックシートに凹凸模様を転写し、このシートをコアもしくはクラッドとして用いればよい。これにより、従来のCD等と同様に、同じ内容（情報）が記録された媒体の大量生産が可能である。

【0020】ここで、ホログラムによる回折効率を、例えば0.1%のように低めに設定することが、クロストークを抑制する上で重要である。他の方法として、例えば、紫外線硬化樹脂をコアもしくはクラッドとして用い、紫外線によるパターン照射を行っても良い。あるいは、電子打ち込みにより周期的屈折率変調パターンを描画することも可能である。

【0021】次に、ここで述べた、導波路への光の結合、シングルモードでの光の導波、ホログラム像の生成の概念を実現するための、屈折率や膜厚等のパラメータについて説明する。レーザー光13の波長をλ、コアの屈折率をn<sub>a</sub>、厚みをd<sub>a</sub>、クラッドの屈折率をn<sub>c</sub>、厚みをd<sub>c</sub>とする。なお、コア、クラッドともに、波長λにおいて吸収の小さな材料を選ぶ必要がある。

【0022】まず、導波路がシングルモードであるための条件は、下記式（1）で示される。

$$d_a < \lambda / 2 \sqrt{n_a^2 - n_c^2} \quad (1)$$

例えば、コア層としてPMMA（n<sub>a</sub>=1.492）を用い、クラッド層としてn<sub>c</sub>=1.480の紫外線硬化樹脂を選び、波長（λ）680nmの半導体レーザーを光源とした場合、コア層の厚みは、1.8μm以下にする必要がある。

【0023】なお、この屈折率の組み合わせを選択した場合、導波路のNAはNA<sub>W</sub>=0.189となるので、レンズのNAも同じくNA<sub>L</sub>=0.189とすると、焦点位置のスポットサイズは、（エアリーディスクの直径（=1.2λ/NA<sub>L</sub>）で）4.3μmとなる。この値は、コア層厚1.8μmに較べて大きいので、結合効率は、円形凸レンズの場合71%、シリンドリカルレンズの場合77%となる。

【0024】次に、導波路が多層に積み重なっていることによる層間のモード結合について説明する。一定周期で、“クラッド／コア”のペアが積み重なっているとき、第j層にのみ光を入力して、z方向に導波していくとする。z方向に導波するにつれ、隣接したコアに次々と光が漏れだしていく。これが、層間のモード結合である。

【0025】第  $j$  層およびその近隣の第  $j \pm n$  層の導波光の振幅 ( $A_{j \pm n}$ ) は、 $z$  の関数として、

$$A_j = E_0 J_0(\kappa z) \\ A_{j \pm n} = E_0 J_n(i \kappa z)$$

$$\kappa = ((n_a^2 - n_c^2) \lambda / (2\pi)) < W_j | W_{j-1} > \quad (2)$$

で、定義される。ここで、 $\lambda$  は波長、 $n_a$  はコアの屈折率、 $n_c$  はクラッドの屈折率、 $< W_j | W_{j-1} >$  は、 $W_j \times W_{j-1}^*$  を第  $j-1$  層のコアの空間で積分した値である。但し、 $W_{j-1}^*$  は  $W_{j-1}$  の複素共役で、かつ、 $W_j$  は「 $W_j W_j^*$ 」を全空間で積分すると 1 になるように規格化されているものとする。

【0026】今の場合、上記の厳密な議論は必要ではなく、クロストークを小さく押さえる条件を与えれば良いので、最近接の層へ寄与 ( $A_{j \pm n}$ ) のみを考えれば良い。 $\kappa z$  が小さいとき、

$$A_{j \pm n} \approx i \kappa z / 2$$

であるから、モード結合によるクロストークを小さく抑えるためには、導波距離を  $L$  として、 $\kappa L$  が 1 より十分小さいことが必要である。

【0027】例えば、 $n_a = 1.492$ 、 $n_c = 1.480$ 、コアの厚みが  $1.7 \mu\text{m}$ 、クラッドの厚みが  $6 \mu\text{m}$  の時、 $\kappa \approx 0.18 \text{ m}^{-1}$  であるから、隣接層への結合は、5mm の導波距離で、振幅で約 0.1%、強度で約  $10^{-4}\%$  であり、十分小さいことが分かる。つまり数 mm しか導波させない場合には、モード結合によるクロストークは無視できるほど小さい。

【0028】なお、レーザー光 13 を所定の反射点 18 に集光する際の、「クラッド／コア／クラッド／コア／……」の多層膜による反射減衰量は、クラッドとコアの屈折率差が小さいときは、レンズと導波路との結合損失に較べて無視できる大きさである。例えば、上記の例 ( $n_a = 1.492$ 、 $n_c = 1.480$ ) では、干渉効果によって最悪の膜厚を選んだとしても、“クラッド／コア”の 1 ペアあたりの反射率は  $10^{-5}$  のオーダーであり、例えば 100 組の導波層を垂直に通過しても、99% 以上の透過率を保つことができる。最も反射減衰の大きな部分は、空気と最上層のクラッド層との界面であるが、それでもせいぜい 3.9% の反射率である。上述の、反射減衰効果が無視できるという事は、回折光に対

$$A(x, y, z, t) = A'(x) \exp i(\beta z - \omega t) + A''(x) \exp -i(\beta z - \omega t)$$

【0032】即ち、散乱要因の周期が導波モードの周期と一致すれば、ほぼ垂直に回折されることがわかる。本発明の再生専用多重ホログラムカードをプラスチック等を原料として作製した場合には、熱膨張による散乱要因の周期変化、即ち、下記式 (4) を考慮しなければならない。

$$\Lambda = \Lambda_0 + \xi \delta T \quad (4)$$

ここで、 $\xi$  は線膨張率、 $\delta T$  は温度変化を示す。この時、 $\theta \approx \pi/2$  であれば、回折角度の変化  $\delta \theta$  は、下記

の様に表される。ここで、 $E_0$  は入力した光の初期振幅で、 $J_n$  は  $n$  次のベッセル関数、 $i$  は虚数単位を表す。 $\kappa$  は、 $W_j$  を第  $j$  層の ( $j$  層にしかコアが無い場合の) 導波モードとして、

しても同様であって、導波面に対して垂直に近い方向に回折される光は、多層膜による影響をあまり受けない。また、回折光が、他の層の周期散乱要因によって再回折されることは、元々の回折効率を低く設定しておくことで、無視できるレベルまで小さくすることができる。即ち、元の回折効率を  $\eta$  とすると、再回折される光量は、各層あたり最大で  $\eta^2$  であり、 $\eta = 0.5\%$  とすると  $\eta^2 = 2.5 \times 10^{-5}$  であるから、100 層すべてで最大の再回折がある最悪の場合を考えたとしても、回折効率は半分に落ちる ( $2.5 \times 10^{-5} \times 100 = 0.25\%$ ) にすぎない。

【0029】記憶容量は、使用波長 ( $\lambda$ ) やカードの面積 ( $S$ )、及び、層の数 ( $L$ ) によって異なる。エラー補正を考えない場合の記憶容量は、おおよそ、 $S \times L \times \lambda^{-2}$  であるから、名刺サイズ ( $S = 5.4 \times 9 = 48.6 \text{ cm}^2$ ) の 1mm 厚 ( $L \approx 100$ ) 媒体と、赤色半導体レーザー ( $\lambda = 680 \text{ nm}$ ) を用いると、131GB (ギガバイト) の容量となり、エラー補正用コードの使用による情報量の減少を考慮したとしても 100GB 程度の容量となるので、DVD の 4.7GB に比較しても大容量であることがわかる。

【0030】次に、周期散乱要因について述べる。まず、周期性について説明する。導波路の伝搬定数  $\beta$  を  $2\pi/\lambda$  ( $\lambda$  は導波モードの周期)、散乱要因の周期を  $\Lambda$ 、導波光の真空中での波長を  $\lambda$  とすると、導波方向と回折光のなす角度  $\theta$  は、下記式 (3) で与えられる。

$$\cos \theta = \lambda (1/\lambda - 1/\Lambda) \quad (3)$$

【0031】ここで、導波光が  $z$  方向に進行するとし、 $x$  方向に導波路の閉じ込めがあるとすると、導波光の電場振幅が以下のように表される (参考: Amnon Yariv, "Optical Electronics (4th edition)", ISBN0-03-047444-2, Saunders College Publishing, pp. 479-487) として、伝搬定数 ( $\beta$ ) を定義した。

【数 1】

式 (5) となる。

$$\delta \theta \approx -\lambda \xi \delta T / (\Lambda \sin \theta) \quad (5)$$

【0033】ここで、 $\xi$  は  $10^{-4} \sim 10^{-5} \text{ K}^{-1}$  のオーダーなので、 $\delta T = \pm 20^\circ \text{C}$  の範囲で、ホログラムの大きさによらず、回折角度変化は  $2 \times 10^{-3} \text{ rad}$  ( $\pm 0.1^\circ$ ) 以下におさまる。この角度変化は小さいが、それでも、ホログラムの精細度を上げると微小回折角度変化がデータ再生に影響を及ぼすので、再生装置の設計には注意を要する。例えば、回折光を実像として、そのまま



各ピクセルの大きさが $5\mu\text{m}$ 四方のCCD（電荷結合素子）上に結像する場合、ホログラムカードとCCDの距離は、 $2.5\text{mm}$ より十分小さくしなければならない。

【0034】さて、実際のデータは単一の周期の散乱要因のみから生成される訳ではなく、実際には、受光素子上に所定の画像が形成されるように設計された散乱要因

$$E(r_D) = \int S(r_W) W(r_W) \exp(i(2\pi/\lambda)|r_W - r_D|) dr_W \quad (6)$$

【0035】ここで、 $r_W$ 、 $r_D$ はそれぞれ、導波路平面およびCCD受光平面上の位置ベクトルを表し、 $|r_W - r_D|$ は $r_W$ と $r_D$ との間の距離を表す。 $S(r_W)$ は、  
10 既述のように、凹凸分布や屈折率分布等によって形成され、必要な回折光パターンを形成するために予め注意深く設計されていなければならないが、ここでは簡単の為に、導波路平面に垂直に平面波を回折する場合について必要な凹凸分布や屈折率分布の見積をしておく。凹凸分

$$\eta = (\delta_0 r L d_0 / (\Lambda d_a))^2 \quad (7)$$

【0037】ここで、 $r$ は屈折率変調のデューティ、 $L$ は導波路の長さを示す。コアに凹凸をつけることで散乱要因を形成した場合、凹部分はクラッドの材料で埋められるため、 $\delta_0 = n_c - n_a$ で与えられる。また、隣接する散乱要因間の距離を $x$ 、各散乱要因の幅を $y$ とする  
20 と、

$$\begin{aligned} x &= x / \Lambda \\ y &= y / \Lambda \\ 1/r &= (1/2)(1/x + 1/y) \end{aligned}$$

となる。

【0038】典型的な例として、 $n_a = 1.492$ 、 $n_c = 1.480$ 、コアの厚み $d_a = 1.7\mu\text{m}$ 、光の波長 $\lambda = 680\text{nm}$ とした場合、導波モードの周期 $\lambda$ は $\lambda = 0.46\mu\text{m}$ で与えられるので、散乱周期（ $\Lambda$ ）を $\Lambda = \lambda$ となるように調整し、 $r = 0.1$ 、 $L = 2\text{mm}$ 、 $d_0 = 0.05\mu\text{m}$ とした例の場合、回折効率は約0.6%となる。あるいは、コア層に紫外線照射を施すことによって周期的な屈折率分布を形成した場合、例として、導波路の構成が前述の例と同じで、 $r = 0.5$ 、 $d_0 = d_a$ 、 $L = 5\text{mm}$ 、 $\delta_0 = 10^{-5}$ の場合、回折効率は約0.3%となる。なお、この凹凸情報の原盤を作る為には高度の精密技術を必要とするので、記録ヘッドで容易に作成できる磁気カードに比べ、偽造が困難である。

【0039】（実施例1）図3及び図4は、本発明による再生専用多重ホログラムカードの作製例の工程を説明する図である。本カードは、「紫外線硬化樹脂/PMMA/紫外線硬化樹脂/PMMA/紫外線硬化樹脂/……/PMMA/紫外線硬化樹脂」の様な、紫外線硬化樹脂とPMMAとが交互に重ね合わされた層構造を持ち、紫外線硬化樹脂は、屈折率1.480で厚さ $8\mu\text{m}$ 、PMMAは、屈折率1.492で厚さ $1.7\mu\text{m}$ である。

【0040】作製法は、まず、1インチ四方の光学研磨されたガラス基板21上に紫外線硬化樹脂22を $8\mu\text{m}$ の厚みでスピンコートし、紫外線23で露光した後、P

を作成する必要がある。CCD上での所望の光強度分布の電場振幅を $E(r_D)$ 、ホログラムカード内を導波する光の電場振幅を $W(r_W)$ 、散乱要因の散乱強度の空間分布を $S(r_W)$ で表すと、下記式（6）を満たすように $S(r_W)$ を求めておく必要がある。

布の場合、クラッドとコアの二種類の屈折率による屈折率分布と同じ事であるから、屈折率分布のみについて考  
えればよい。

【0036】図2は、周期的散乱要因の説明図である。図2に示す様に、屈折率の変化分を $\delta_0$ 、屈折率分布が構造を持つ厚みを $d_0$ とすると、回折効率（ $\eta$ ）が小さいとき、回折効率はおおよそ、下記式（7）で与えられる。

MMA24を1.7 $\mu\text{m}$ の厚みでスピンコートし、その上を周期0.46 $\mu\text{m}$ の凹凸模様のついたローラー25を走らせる。更に「紫外線硬化樹脂コート/紫外線露光/PMMAコート/ローラー」の4工程を合計10サイクル分繰り返し、最後に「紫外線硬化樹脂コート→紫外線露光」をもう一度行い、図4（A）に示すような周期層構造の平面型導波路26を得た。この場合、紫外線硬化樹脂層がクラッド、PMMA層がコアとなり、各コア層に周期散乱要因としての凹凸模様が形成されている。

【0041】引き続き、図4（B）に示すように、一方の端面を $45^\circ$ に研磨した。光源は680nmの半導体レーザー光を用い、コリメートレンズで直径5mmの平行ビームに整形した後、焦点距離13mmのシリンドリカルレンズ27にて集光した。図4（C）に示すように、レーザー光126の焦点を目的とするPMMA層の $45^\circ$ カット位置に合わせると、上下方向に回折光28、28が現れた。

【0042】（実施例2）前述した「実施例1」で作製したホログラムカードの端面を残して他の部分にアルミフォイルで覆いをした後、真空中でアルミニウムを蒸着し、大気中でアルミフォイルを剥がした。これにより、 $45^\circ$ カット部分にアルミ反射膜が形成された。さらにアルミが蒸着された $45^\circ$ カット部分に紫外線硬化樹脂を塗布し、紫外線照射により $45^\circ$ カット部分を保護した。そして、「作製例1」と同様に680nmの半導体レーザーを焦点距離13mmのレンズで各PMMA層に集光すると、上下方向に回折光が現れた。

【0043】（実施例3）図5、6（A）～（C）に、紫外線硬化樹脂（UV樹脂）のパターニングによる、再生専用多重ホログラムカードの作製実施例を示す。この実施例では、多重ホログラムカードは、3種類のUV樹脂の並び（/UV-A/UV-B/UV-C/）を一単位（unit）とし、「unit-1/unit-2/……/unit-n/UV-A」の様な層構造を持つ。  
50



本実施例では、 $n=4$ である。UV-Aは、屈折率1.480で厚さ $8\mu\text{m}$ 、UV-Bは、屈折率1.492で厚さ $1.5\mu\text{m}$ 、UV-Cは、屈折率1.475で厚さ $0.2\mu\text{m}$ である。

【0044】作製法は、図5に示すように、まず、ガラス基板31上にUV-A（符号32-1）を $8\mu\text{m}$ の厚みでスピコートし、紫外線33を一様に照射する。次にUV-B（符号32-2）を $1\mu\text{m}$ スピコートし、紫外線33でパターンニングし、硬化していない部分をエーテル系溶媒を用いて洗い流す。引き続きUV-C（符号32-3）をスピコートし、紫外線一様露光を行う。この手順を4回繰り返す、最後にUV-A（32-1）のスピコート、紫外線照射露光をもう一度行い、図6（A）に示すような周期層構造の平面型導波路34を得た。

【0045】引き続き、図6（B）に示すように、片方の端面を $45^\circ$ に研磨した。光源として $680\text{nm}$ の半導体レーザーを用い、コリメートレンズで直径 $5\text{mm}$ の平行ビームに整形した後、焦点距離 $20\text{mm}$ の平凸レンズ35にて集光し、焦点を各UV-C層の $45^\circ$ カット位置に合わせると、上下方向に回折光36、36が現れた。上記各実施例においては、主材料として樹脂を用いており、スタンパーを使用した安価な大量生産が可能である（体積ホログラムではスタンパーは使用できない）。なお、樹脂に代えてガラス等他の材料を用いることもできる。また、光が入射される反射面は $45^\circ$ に限らず任意に設定でき、即ち、光の入射方向も任意に設定可能である。

【0046】図7は、導波光の進行状態を説明する図であり、（a）部は図1と同様に導波路の断面及び情報読み出し形態を示す図であり、（b）部はカード上方からの透視図である。（b）部に示すように、上記第1実施形態では、平面型光導波路に集光レンズ14で結合されたレーザ光13は、導波路内を、結合部位（反射点）18を扇のなかめとして扇状に進行する。

【0047】例えば、導波路のコア12の屈折率（ $n_a$ ）を1.492、クラッド11の屈折率（ $n_c$ ）を1.480、集光レンズ14の開口数（ $NA_L$ ）を導波路の開口数「 $NA_w = \sqrt{(n_a^2 - n_c^2)}$ 」と一致させ、 $NA_L = 0.19$ とすると、導波光17は、図1（b）部に示すように、約 $14.6^\circ$ の広がり角度で進行する。つまり、結合点が一カ所であると、広がり角 $14.6^\circ$ の扇の外には光が到達せず、情報を記録しても再生できず、その部分を有効活用できない。

【0048】また、一層あたりのホログラムのデータ容量（ $M$ ）は、ホログラムを書き込んである面積を $S$ 、使用波長を $\lambda$ として、おおよそ、 $M = S / \lambda^2$ で与えられる。一方、一枚のホログラムに記憶するデータ容量は、受光素子のピクセル数で制限されるので、 $\lambda = 680\text{nm}$ の時、 $200$ 万画素のCCDを用いたとして、ホログ

ラムが明暗の二値情報画像の場合で $S = 0.92\text{m}^2$ 、 $8\text{bit}$ のグレースケール画像の場合で $S = 7.4\text{mm}^2$ になり、これより大きな面積を用いるのは冗長であることがわかる。この面積は、名刺サイズ（ $54 \times 90 = 4860\text{mm}^2$ ）に比べて圧倒的に小さく、その様なサイズではかえって持ち運びが不便である。このような問題点を解決する実施形態を以下に示す。

#### 【0049】第2実施形態

ここでは、図8に示すように、平面内に扇形を最密に配置する方法を用いる。本例では、多層の平面導波路の互いに平行な一対の二端面15、15を、導波路平面に対して $45^\circ$ にカットしてあり、各端面に（矢印で示すように）複数の結合部位を持つ構造となっている。図8に示すような複数の扇形を交互に組み合わせた構造を、これ以降一つのブロック218と呼ぶことにする。

【0050】更に、図9（a）部の平面図に示すように、ブロック218を複数並べ、第1ブロック218-1と第2ブロック218-2を有する一つのカードを形成することも可能である。この場合、第1ブロック218-1と第2ブロック218-2とを、導波方向に連続的に並べている。第1ブロック218-1はA、Bで示す辺が $45^\circ$ にカットされており、第2ブロック218-2はB、Cで示す辺が $45^\circ$ にカットされている。

【0051】結合位置18は、図中○印で示すように、Bの辺においては、第1ブロック218-1と第2ブロック218-2の結合位置が近接するように配置する。このようにすることで、カードと集光レンズの相対位置を僅かに変化させることで、異なるブロックのホログラム像にアクセスすることが可能となる。

【0052】なお、扇の要から進行する導波光は、結合点の反対の辺の $45^\circ$ 端面で反射され、カード外に迷光となって出てくるが、ホログラム像を結像させる受光素子にこの迷光が入力されないような受光素子とホログラムとの結像位置関係を予め決めておかなければならない。この迷光の影響を避ける手段のひとつとしては、導波光が $45^\circ$ 端面で反射されて進行する方向（図9

（b）部の側面図では上方向）とは反対側（同側面図では下方向）に受光素子を配置するようにすればよい。なお、図中、符号219は透明樹脂を示す。

【0053】このホログラムカードは、通常の光ディスクの様に、レーザー光をレンズで所定の位置に集光する作業が必要である。しかし、光ディスクは、集光位置が変化することでディスク表面の情報を1ビットずつ再生するのにに対し、本発明によるホログラムカードでは、集光位置が変化することで画像（二次元情報）が変化する。集光位置を変化させて情報を読むことに変わりはないので、光ディスクと同様に、集光位置の位置合わせが、位置合わせ速度と精度の両面において重要である。

【0054】図9において、○印で示された結合部位の大きさは典型的には $1\text{mm}$ 程度の大きさであるが、各層

を分離するためには  $1\ \mu\text{m}$  程度の精度での位置合わせが必要である。これは、通常の光ディスクでは数  $\text{kHz}$  の応答速度で広く実用に供されている技術であり、○印の内部に集光点があれば、 $1\ \text{ms}$  程度で○印内の所望の層（B 辺に存在する結合部位であれば所望のブロックを）も選択することが可能であることを意味している。従って、集光レンズの数が○印の数、即ちカードに存在する結合部位の数だけ存在すれば、どのブロックのどの層にでも、 $1\ \text{ms}$  程度でアクセスすることが可能である。

【0055】また、結合部位が多く、結合部位と同じ数だけ集光レンズとアクチュエーターを配置することが困難である場合には、集光レンズを（最低1個まで）減らさなければならない。その場合には、任意のブロックの任意の層からホログラムを再生させるために、ホログラムカードに移動機構を併設するか、もしくは、集光レンズを数  $\text{cm}$  のオーダーで移動できる粗動機構を持たせることが必要である。

【0056】図10は、レンズ14としてシリンドリカルレンズを用いた場合の、多ブロック構造の配置例であり、（a）部に平面図、（b）部に側面図を示す。第1ブロック259-1、第2ブロック259-2は、それぞれ4部分の長方形エリアを有し、2つのブロック間の隣接する長方形エリア間に、結合部位260が設定される。（b）部に示すように、各長方形エリアの両端面も、上述した扇形の場合と同様に  $45^\circ$  にカットされている。この構成においても、両ブロックの結合部位が辺Bに沿って隣接されているため、集光位置のわずかな変化により異なるブロックに属するエリアの情報を読み出すことができる。また、扇形構成よりも、結合部位の配置や読み出し機構の駆動が容易であるというメリットがある。

【0057】図11、図12に、ブロック数より集光レンズ数を1多くした構成における、カードと受光素子と集光レンズの配置例を示す。図11は2ブロック構成の再生専用カード、図12は3ブロック構成の再生専用カードをそれぞれ示し、各々（a）部は平面図、（b）部は側面図である。各光ヘッド221は、レーザー、集光レンズ、アクチュエーターを備え、それぞれの光ヘッド221に対応して、CCD等の受光素子223を個々に配置する。

【0058】光ヘッド221が、2個のブロックが隣合う辺にある場合には、1つの光ヘッド221に対し、2個の受光素子223を配置する。なお、図中、符号224は結合部位を図示する。こうすることで、再生専用カード222を1次元（図11、12の（a）部において紙面内上下方向）に移動させるだけで、任意のブロックの任意の層からの回折光を再生することができる。

【0059】（実施例1）波長  $680\ \text{nm}$  の半導体レーザーを光源とし、屈折率1.480、厚み  $9.3\ \mu\text{m}$  の紫外線硬化樹脂がクラッド層、屈折率1.492、厚み

1.  $7\ \mu\text{m}$  のPMMAがコア層である例を挙げる。図13に示す様な、大きさ  $D: 9.5\ \text{mm} \times W: 10\ \text{mm} \times h: 0.55\ \text{mm}$  の多層ホログラムカードにおいて、向かい合う1対の2端面15、15を  $45^\circ$  にカットする。 $45^\circ$  カットされた端面15、15内に、 $t: 2.5\ \text{mm}$  おきに結合部位を作れば、各々の光導入部から入射した導波光は、導波路平面内の同じ部位を共有しない。

【0060】図13において、斜め線でハッチングされた部分には導波光は達せず、この部分はホログラムには寄与しない。それ以外の三角形部分は、各々黒矢印で示された結合部位18から導波する導波光が占有する場所であり、お互いに重ならない。こうして作ったホログラムカードの異なる結合部位から直径  $5\ \text{mm}$ 、焦点距離  $15\ \text{mm}$  のレンズを用いて光を入射すると、同じ層であっても、異なるホログラムが混じり合うことなく再生された。

【0061】（実施例2）実施例1で示された  $D: 9.5\ \text{mm} \times W: 10\ \text{mm} \times h: 0.55\ \text{mm}$  の多層ホログラムカードを1ブロックとし、これを図14に示すように2ブロック（218-1、218-2）ならべて、エポキシ樹脂219で硬め、一枚のホログラムカード200とした。各ブロックの  $45^\circ$  カット端面には、金を約  $200\ \text{nm}$  の厚みで蒸着してある。また、カードに機械的強度を持たせるため、エポキシ樹脂219は、各ブロックを並べたサイズよりも大きく、カードの大きさは  $25\ \text{mm} \times 15\ \text{mm} \times 0.55\ \text{mm}$  の大きさとなっている。このカードの異なる結合部位に直径  $5\ \text{mm}$ 、焦点距離  $15\ \text{mm}$  のレンズを用いて光を導入すると、同じブロックの同じ層であっても異なるホログラムが再生された。

【0062】上記第2実施形態の構成は、結合点が多く、その間隔は数  $\text{mm}$  である。従って、光源と2次元ディテクタの組からなるヘッドが1組である読み出し装置を用いる場合、異なる結合点へとアクセスするためにはヘッドを直線的に動かす必要がある。精度の高い直線的な機械移動の装置は概して複雑で、また速度には限界があるためアクセススピードに影響する。読み出し装置にヘッドを多数用意すればアクセススピードの問題は解消するが、装置は複雑且つ高価となる。このような、ヘッドを多数用意するか、ヘッドまたはカードを直線的に動かす必要があるという課題を解決し、ヘッドの数が1つでも直線的な機械移動を低減してアクセススピードを大幅に改善し、また装置も簡略化することができる実施形態を以下に示す。

### 【0063】第3実施形態

図15は、本実施形態における円盤記録媒体及び情報読み出し方法を説明する図、図16は、本実施形態の記録媒体における情報記録単位を説明する図である。図中、符号301はレーザー光、304は導波光、306は結

合点、310はホログラム像、311は円盤媒体、312は光源、313は2次元ディテクタ、314は45°円錐状反射面、315はセクター、316はストレータム、及び317はディスクを各々示す。

【0064】本発明の円盤媒体311の形状は、図15に示しようにドーナツ状としている。ここで、レーザ光301との結合点306を設けるため、中心部に穴を空け、傾き45°の円錐状の穴になるように成形して研磨し、反射面314としている。図15に示すように、実際の円盤媒体311の半径に対し、ホログラムが記録される扇形の半径は若干小さいため、一つの扇形と隣の扇形との間に隙間が生じ、この部分は情報記録の用をなさない。このため、実効的に記録密度を下げることになる。全体の面積に対する隙間の比率は、扇形の半径が媒体の半径に近いほど小さく、つまり結合点306が円盤の中心に近い程良い。従って、状況の許す限り中心の穴の半径を小さくするのが好ましい。

【0065】なお、外部から導波路への光の結合に、ここで記したような45°の反射鏡面以外の方法を用いても良い。以後、積層構造を持つ扇形の1層を、従来の磁気ディスクにならってセクター315と称することにする。また、同じ層にあるセクター315を1回転分まとめてストレータム316を称することにする。さらに、ストレータム316の集まりをディスク317と称することとする。

【0066】セクター315とストレータム316、ディスク317の関係を図16に示す。1個または複数の2次元ディテクタで1度に読み出すことが出来るのがセクター315の情報、光源312を固定したままで円盤媒体311を1回転することで読み出すことが出来るのがストレータム316の情報量、そして、円盤媒体311全体の情報量がディスク317に含まれる。これを模式的に示したのが図16である。

【0067】媒体の作製法は、多層構造の作製及び対象層へのホログラムの作りつけについては上述した第1実施形態と同様である。本実施形態における媒体全体については、セクターを積層した扇形部分を個別に作製してから円形に並べて接着しても良いが、最初から円盤形状のストレータム単位で積層して作製するのが簡単である。その場合、導波路の積層の後、中央に穴を開け、円錐状に研磨して結合点を作製する。研磨するだけでも、研磨面が空气中に露出していれば全反射鏡として機能するので問題はないが、反射面にアルミや金などの金属膜を蒸着しても良い。

【0068】次に、情報読み出し方法は、図15に示すように行われる。媒体の結合点306の並ぶ45°円錐状反射面314の直上に光源を置き、積層された導波路のうちの一つへと光を結合させる。光はその導波路に閉じ込められて媒体円盤の外周へ向かって伝搬する。この途中で前掲の方法などで導波路に作りつけられたホログ

ラムによって光は上方または下方へ回折され、ホログラム像310を形成する。この像をCCDに代表される2次元光ディテクタ313で撮影し、記録された情報を電気信号として得る。ここで、光源312からの光の集光位置は、どの層の情報を読み出すかによって変える必要がある。このため、凸レンズ302の位置を微動する機構が必要である。この機構には、たとえば光ディスク装置のヘッドの微動に用いられるアクチュエータなどがある。図15では2次元ディテクタ313は一つしか描かれていないが、複数個用意しても良い。光源312の個数についても同様で、アクセススピードを上げるためにいくつもの光源を用意する方法もある。

【0069】一方、円盤媒体の回転にも制限はないが、セクターの選び方に関連して様々な方法がある。例えば、常時停止していてサーボモータで目的とするセクターの結合点をその都度光源の位置に動かす方法がある。しかし、アクセススピードの観点からは、CDやハードディスクのように常時高速回転させておくのが好ましい。この場合、セクターの選び方が問題となるが、従来のCDや磁気ディスクにおける方法から容易に転用可能である。例えば、磁気ディスクと同様に、ホログラムの一部に同期信号を含ませる方法や、媒体に目印となるマークを物理的に付ける方法がある。さらに、媒体を円盤形にすることで派生する大きなメリットに、媒体外周からの導波光の漏洩がある。上述のように、再生専用多重ホログラムカードでは、層間のクロストークを抑えるために各層のホログラムの回折効率を低く設定する必要がある。このため、導波光の大部分は扇形の外周部分で吸収または散乱されるか、または外部へ透過することになる。そこで、この回折されない導波光成分を外部に取り出して同期をとる方法がある。この導波光成分はホログラム像と比較して非常に大きな光パワーが得られることから、ホログラム自身に同期信号を含ませるよりも有利である。

【0070】（実施例1）図17に、本実施例で作製した円盤媒体400を示す。同図に示すように、ガラス基板319の上に導波路を積層した構造になっている。符号Aは破線で示す部分の断面図であり、中央に直径1mmの穴400aが空いており、積層導波路318の端面314は45°の傾斜を持つ円錐状となっている。斜線を施した直径2.2mmの部分にホログラムが形成されている。1ストレータムは24セクターからなり、10層を積層したため、媒体全体では10ストレータム、240セクターの情報が記録されている。

【0071】作製手順は次の通りである。まず、ホログラムの凹凸のついた金型を10枚用意した。この金型1枚が1ストレータムに対応する。次に直径2.3mmのガラス円盤319を基板とし、これに屈折率1.480の紫外線硬化樹脂をクラッド層、屈折率1.492のPMMAをコア層の材料とした導波層を積層した。最初に紫

外線硬化樹脂を、続いてPMMAをスピンコートし、さらに紫外線を均一に照射した。ここで、1番目のストレータムの金型を押しつけ、ホログラムを転写した。引き続いて紫外線硬化樹脂、PMMAのスピンコート、紫外線照射の後に2枚目のホログラムを転写、という作業を繰り返し、最後にもう一層のクラッド層でカバーして合計10層の光導波路を積層した。コア層の平均膜厚は1.7 $\mu$ m、クラッド層の厚みは9.3 $\mu$ mとした。

【0072】この後、図17に示すように中央に直径1mmの穴を開け、導波層の部分については45°の傾斜を持つ円錐状に加工し、ダイヤモンドソーで研磨した。更にこの傾斜部にはアルミの反射膜を蒸着し、樹脂でカバーした後、回転のためのジグを取り付けた。以上で10ストレータム、240セクターの画像情報を組み込んだ媒体（直径23mm）が作製できた。

【0073】上記のように作製した円盤媒体に組み込まれた画像情報の読み出しを図15に示す系で行った。但し、図15は誇張しており、実際の寸法比とは異なる部分がある。平行化した波長680nmの半導体レーザーの光を、直径5mm焦点距離13mmのレンズを通し、前記の導波層の傾斜部、すなわち結合点に集光した。ここで、微動アクチュエータによってレンズを上下左右に動かし、集光点を媒体表面から第1層目の結合点に合わせた。すると、媒体に記録されていた240個のセクターのうちの1個のセクターの画像が再生された。

【0074】円盤媒体を微妙に回転させると、画像が最も鮮明に再生される回転角があり、この角度において2次元ディテクタ（ここではCCD）を用いて正確な画像情報として読み出すことが出来た。さらに、この回転角から約15°回転させると、先ほどとは異なる画像が表れ、隣のセクターの情報を読み出すことが出来た。これ以降、約15°回転させる毎に画像が変わり、24セクター、つまり1ストレータム分の情報を読み出すことが出来た。

【0075】次に、レーザー光の集光点を第2層目の結合点に移して同様の動作を行うと、第2番目のストレータムの情報を読み出すことが出来た。さらに結合点を変える（層が変わる）毎に1ストレータム分の情報読み出しを行い、10個の結合点に関して10ストレータム、合計240セクターの媒体に記録された画像情報を全て正確に読み出すことが出来た。

【0076】（実施例2）図18に示すように、円錐媒体の側面320に、黒色塗料で同期用マスク列321を構成した。ここで、マスクは光を透過するか否かを示す2値で1ビットとし、32ビット（2ワード）をもって1組とした。この1組を、10セクターの積層からなる扇形1つに対応させ、各扇形の弧の部分に配置した。従って、同期用マスク列21は全部で32 $\times$ 24ビット（2 $\times$ 24ワード）となった。1個の扇形の分である32ビットのうち、上位10ビットを信号同期用、下位5

ビットをセクター識別用に割り当てた。信号同期用の10ビットは24組全てについて「0101010101」の並びとした。また、前記の24個の扇形に0から23までの番号を付け、それぞれの扇形に対応する同期用マスク列321のセクター識別用の5ビットに、この番号を反映させた。このようにして同期用マスク列321を付加した媒体の一つのセクターに、図15の情報読み出し系でレーザー光を結合させた。

【0077】上述したように、導波光304の大半が円盤媒体側面320から外部へ漏洩するため、同期用マスク列321に対応した光パターン322が媒体側方で観測され、1次元ディテクタ323で検出し、同期用マスク列321のパターンを読むことが出来た。ここで、媒体を約70rpmで定常回転させ、一次元ディテクタ223の信号をモニターした。同期用マスク列321の信号同期用の上位10ビットが「0101010101」であることを確認すると同時に、下位5ビットを読み込み、更に同時に2次元ディテクタ313の画像を取り込むことにより、任意のセクターに記録された情報と、そのセクターが属する扇形の番号を得ることが出来た。この手法により、定常回転中でもセクターの番号を指定して情報を読み取ることが出来た。媒体回転の速度を約70rpmとしたため、媒体に記録された全情報を読み出すのに要した最短時間は約8.7秒であった。

【0078】

【発明の効果】本発明は、偽造が困難で大量生産可能な平面ホログラムの原理を用い、この平面ホログラムを多層に重ね、かつ、各層からのホログラムを独立に再生する事を可能にする。即ち、大量生産可能な平面ホログラムの手法を用いながら、体積ホログラムの様にデータ容量を大きくすることが可能となり、安価で大容量の再生専用メモリを提供することが可能である。さらに、典型的な携帯カード型の場合、光ディスクの様な回転機構が不要な事から、音楽や映像再生の為の再生装置が省電力となる利点もある。また、認証カードとして用いる場合には、偽造が困難であることに加え、様々な付加情報を記憶しておく事も可能となり、利便性が高まる。

【0079】多層平面型導波路が対向する二端面を有する場合、両二端面を前記45°カット反射面とし、各端面から入射した導波光が当該導波路平面内で重なり合わないように光の導入部位を設定できる。更に、このような多層平面型導波路を導波路平面方向に沿って複数枚並べて接着して一枚のカードとしても良い。このような工夫により、読み出し可能な情報をホログラムとして書き込む面積が増え、記憶容量が高まるとともに、情報読み出し速度の向上が可能となる。例えば携帯型カードにおいて、有効記憶面積をカード面積に応じて増やすことができる。また、前記多層平面型導波路を円盤形状にし、該円盤の外周方向に光が導波するように円盤中央部に光導入部を設けても良く、ホログラムの書き込み面積、情

報読み出し速度の双方を大幅に向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の第 1 実施形態の再生専用多重ホログラムカードの構造、及び、光の入出力方法を説明する図である。

【図 2】 本発明における周期的散乱要因の説明図である。

【図 3】 第 1 実施形態の一実施例による再生専用多重ホログラムカードの作製例の工程を説明する図である。

【図 4】 同実施例による再生専用多重ホログラムカードの工程の続きを説明する図である。

【図 5】 第 1 実施形態の別実施例による紫外線硬化樹脂のパターニングによる再生専用多重ホログラムカードの作製例の工程を説明する図である。

【図 6】 同実施例による再生専用多重ホログラムカードの工程の続きを説明する図である。

【図 7】 導波光の進行状態を説明する図である。

【図 8】 扇形の導波路を細密に配置した形態を示す図である。

【図 9】 ブロックを導波路平面内に並べてカードを作成した例を示す図である。

【図 10】 ブロックを導波路平面内に並べてカードを作成した別例を示す図である。

【図 11】 複数の集光レンズと受光素子で情報再生する方法を説明する図である。

【図 12】 同様に、複数の集光レンズと受光素子で情報再生する方法を説明する図である。

【図 13】 第 2 実施形態の一実施例によるホログラムカードの構成を示す図である。

【図 14】 第 2 実施形態の別実施例によるホログラムカードの構成を示す図である。

【図 15】 第 3 実施形態における円盤記録媒体及び情報読み出し方法を説明する図である。

【図 16】 第 3 実施形態の記録媒体における情報記録単位を説明する図である。

【図 17】 第 3 実施形態の一実施例による円盤記録媒体を示す図である。

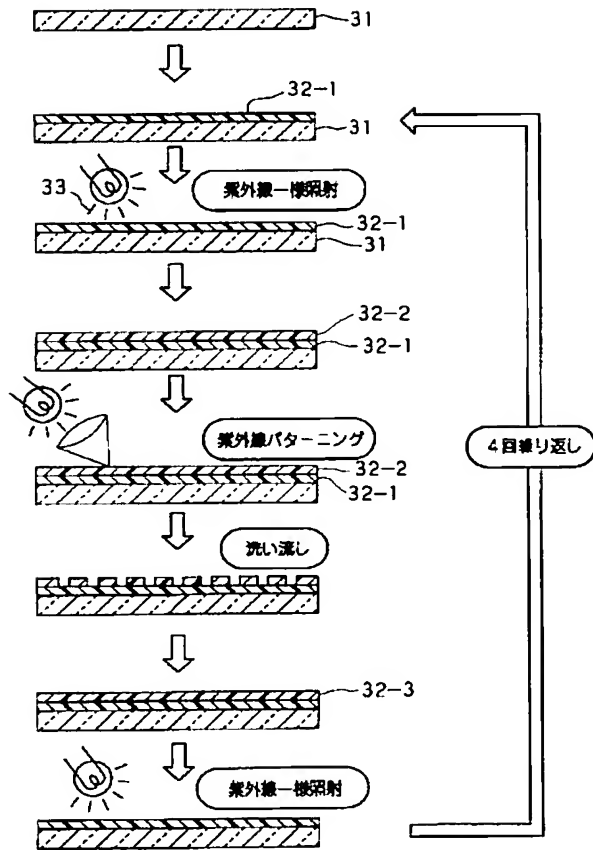
【図 18】 情報読み出し時の同期のとり方の一例を説明する図である。

【符号の説明】

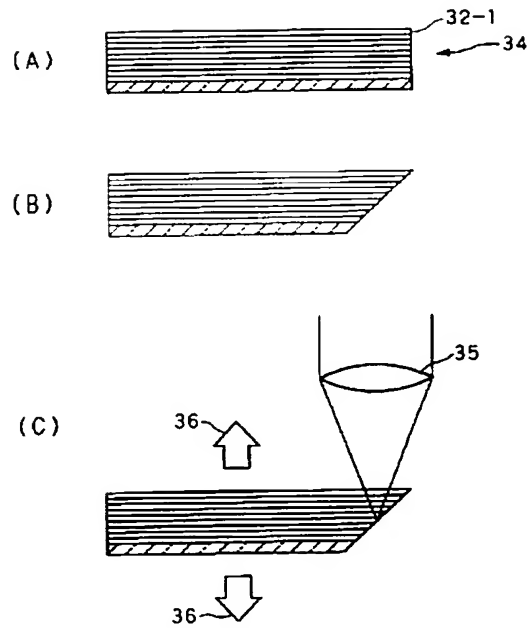
- 1 1 クラッド
- 1 2 コア
- 1 3 レーザー光
- 1 4 凸レンズ
- 1 5 反射面
- 1 6 導波光
- 1 7 回折光
- 2 1 ガラス基板
- 2 2 紫外線硬化樹脂
- 2 4 PMMA
- 2 6 平面型導波路
- 2 7 シリンドリカルレンズ
- 2 8 回折光
- 3 1 ガラス基板
- 3 2 紫外線硬化樹脂
- 3 4 平面型導波路
- 3 5 平凸レンズ
- 3 6 回折光
- 2 1 8 ブロック
- 2 1 9 透明樹脂
- 2 5 9 ブロック
- 2 2 1 光ヘッド
- 2 2 2 再生専用カード
- 2 2 3 受光素子
- 3 1 1 円盤媒体
- 3 1 2 光源
- 3 1 3 2 次元ディテクタ
- 3 1 4 反射面
- 3 1 5 セクター
- 3 1 6 ストレータム
- 3 1 7 ディスク
- 3 1 8 積層導波路
- 3 1 9 ガラス基板
- 3 2 1 同期用マスク列
- 3 2 3 1 次元ディテクタ



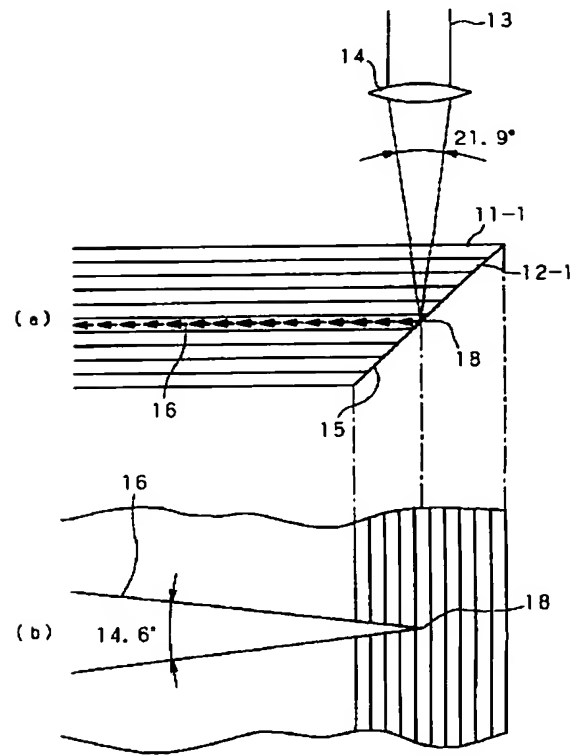
【図5】



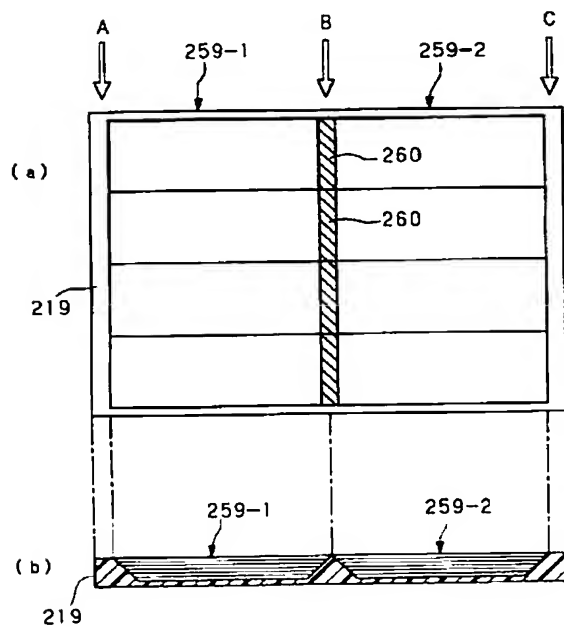
【図6】



【図7】

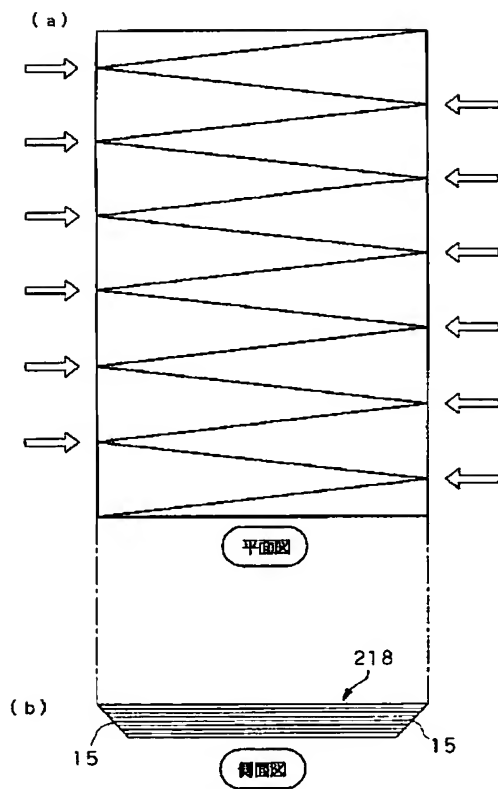


【図10】

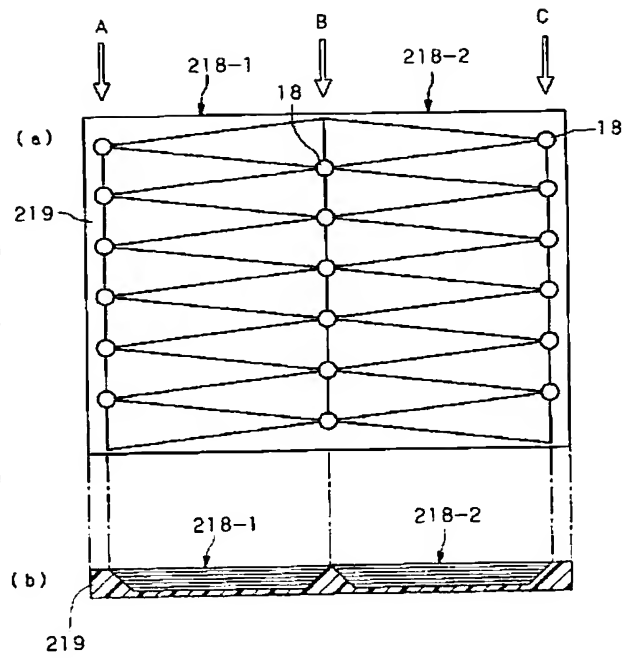




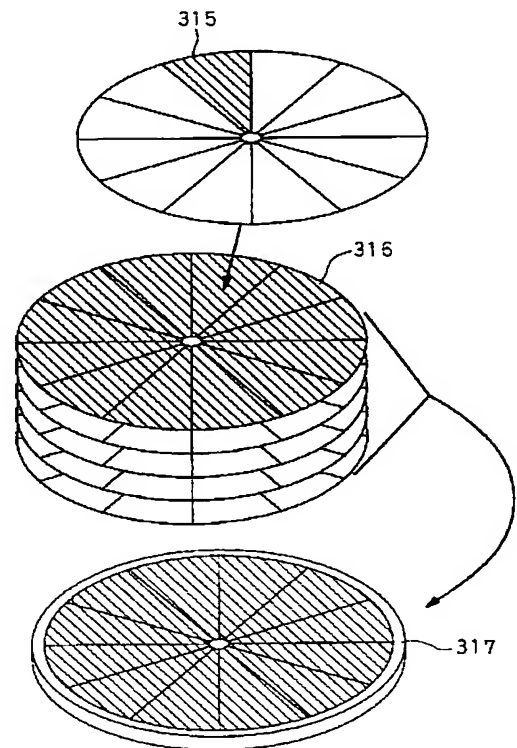
【図 8】



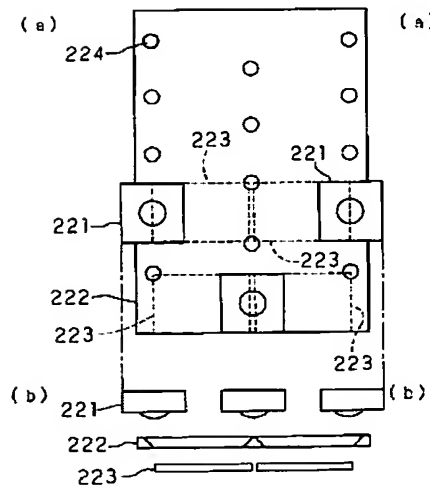
【図 9】



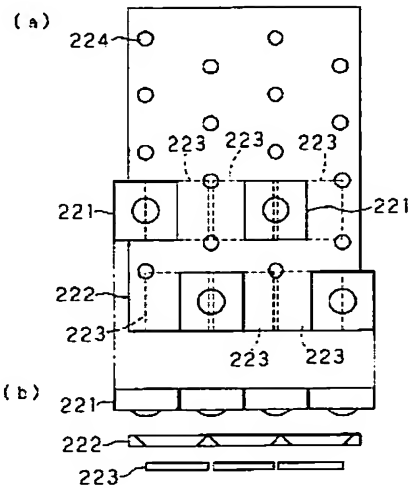
【図 16】



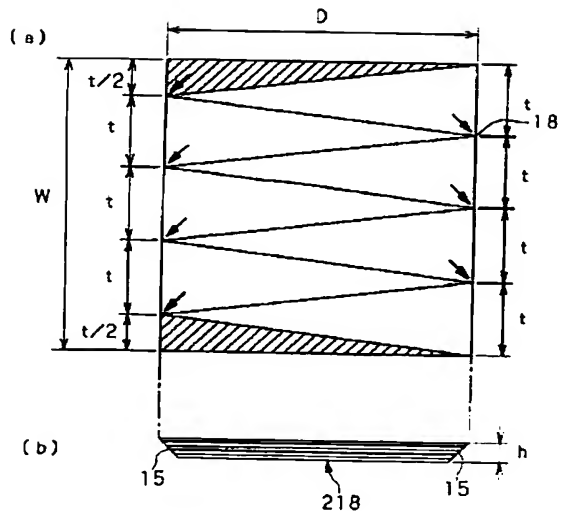
【図 11】



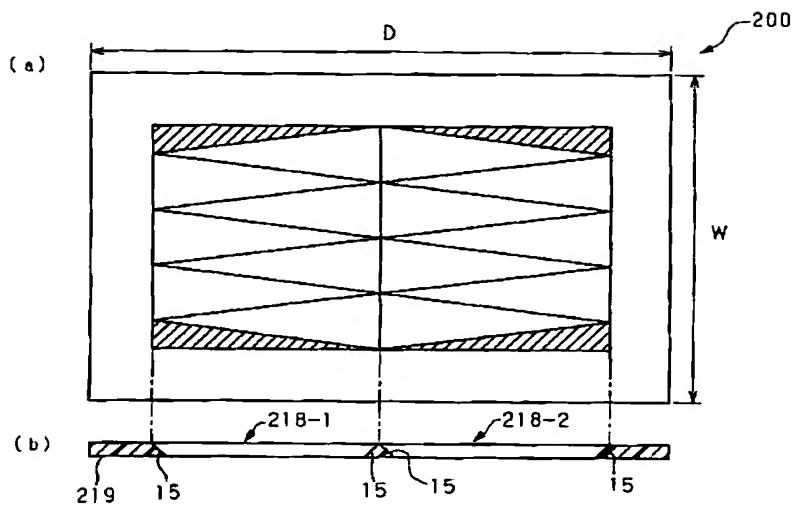
【図 12】



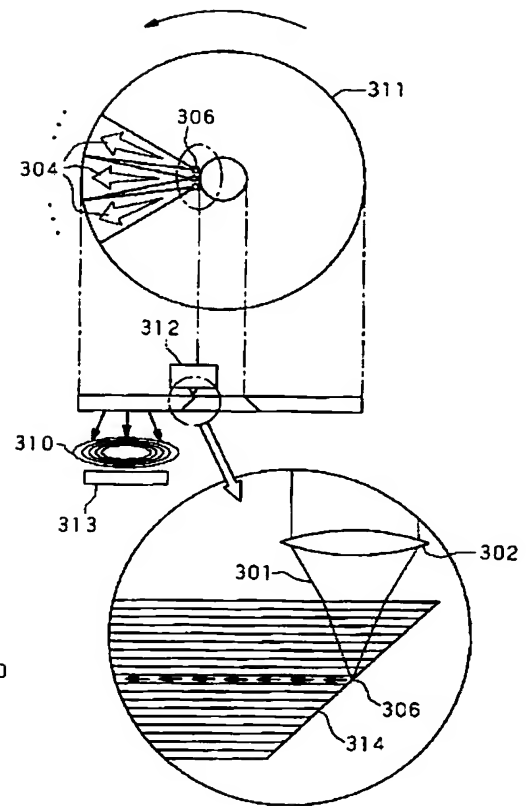
【図 13】



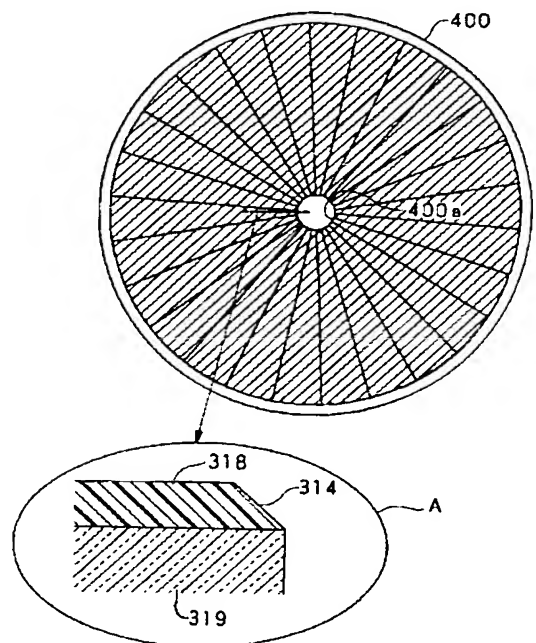
【図 14】



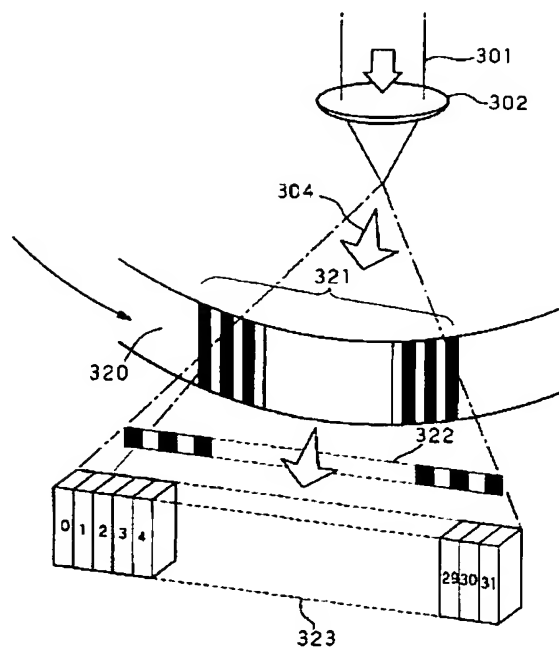
【図 15】



【図 17】



【図 1 8】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>

G 0 6 K 19/06

G 1 1 C 13/04

識別記号

F I

G 1 1 C 13/04

G 0 6 K 19/00

C

D

(72) 発明者 山崎 裕基

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(72) 発明者 小澤口 治樹

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内